CFX Berlin

CFX Berlin Software GmbH

Simulationskompetenz aus Berlin

CFX Berlin Software GmbH

Simulationskompetenz aus Berlin

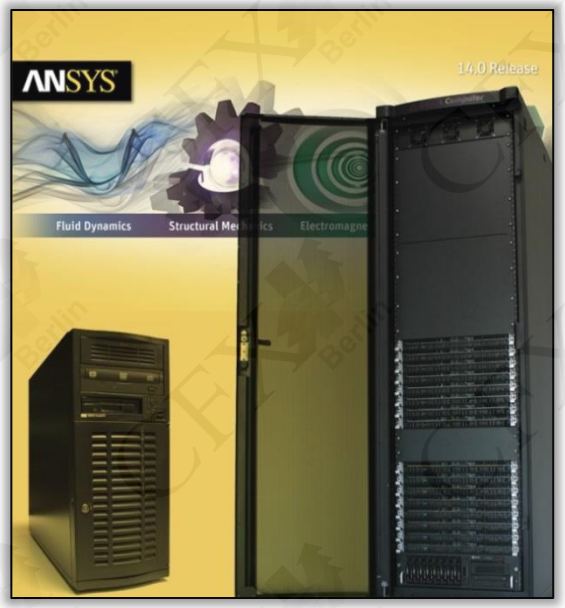
- CFX Berlin bietet seit 1997 als Partner von ANSYS, Inc. und CADFEM Lösungen und Simulationssoftware für:
  - Strömungsmechanik & Thermodynamik
  - Elektromagnetik
  - Strukturmechanik

- CFX Berlin-Geschäftsfelder:
  - ANSYS-Simulationssoftware
  - Berechnung & Optimierung
  - Beratung & Schulung
  - Forschung & Entwicklung

CFX Berlin Software GmbH

Überblick I

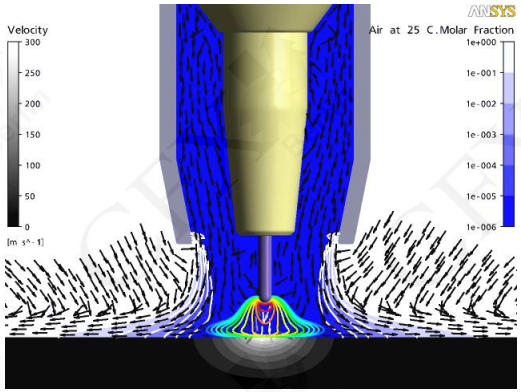
- Wie bieten Ihnen schlüsselfertige Simulationslösungen, bestehend aus:
  - ANSYS-Softwarelizenzen,
  - optimal abgestimmter Hardware,
  - individuellem Einarbeitungskonzept,
  - persönlichem Ansprechpartner für Support & Anwendungsberatung.



- Wir unterstützen Sie schon vorher mit:
  - Prozess- & Bedarfsanalyse, Lastenhefterstellung,
  - Entwicklung von optimalen Lösungen für Ihr Unternehmen,
  - Vorbereitung, Begleitung & Auswertung von Testinstallationen,
  - Erarbeitung individuell abgestimmter Schulungsmaßnahmen.

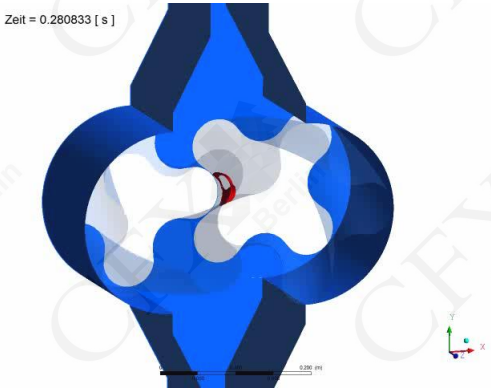
CFX Berlin Software GmbH
Überblick II

- Wir unterstützen auch im Rahmen von Dienstleistungen:
  - Simulation & Validierung mit Qualitätsgarantie
  - Auslegung & Optimierung von strömungstechnischen Maschinen und Anlagen
  - Modell- & Softwareentwicklung



Beispiel Schweißprozesssimulation: Schutzgasströmung mit Lichtbogen

- Wir machen Forschung & Entwicklung
  - öffentlich geförderte F&E-Projekte
  - industriegeförderte Auftragsforschung
  - interne Projekte

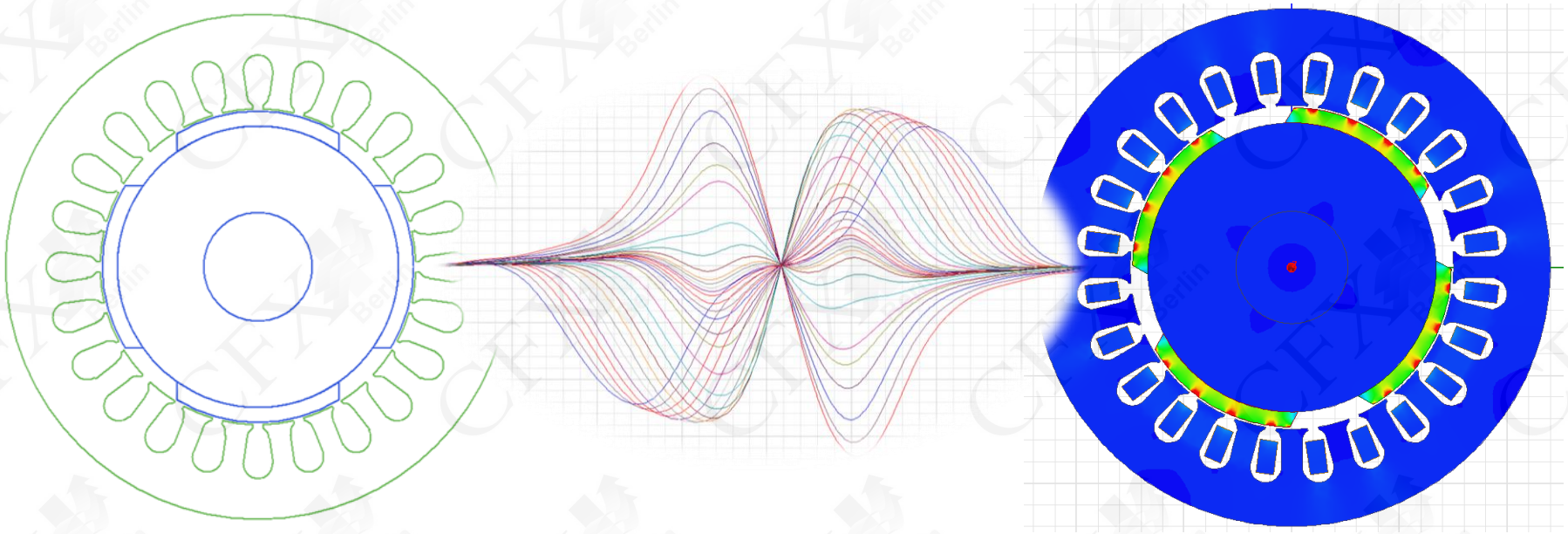


Beispiel Drehkolbenpumpe: Darstellung von Kavitation im Spalt

MAHLE TAKATA FES EagleBurgmann Siempelkamp LZH FIMA infineon truma

Herausforderung:

Optimierung des Rastmoments einer permanenterregten Synchronmaschine mit ANSYS Maxwell



Aufgabenstellung

Elektromagnetische Simulation eines Elektromotors

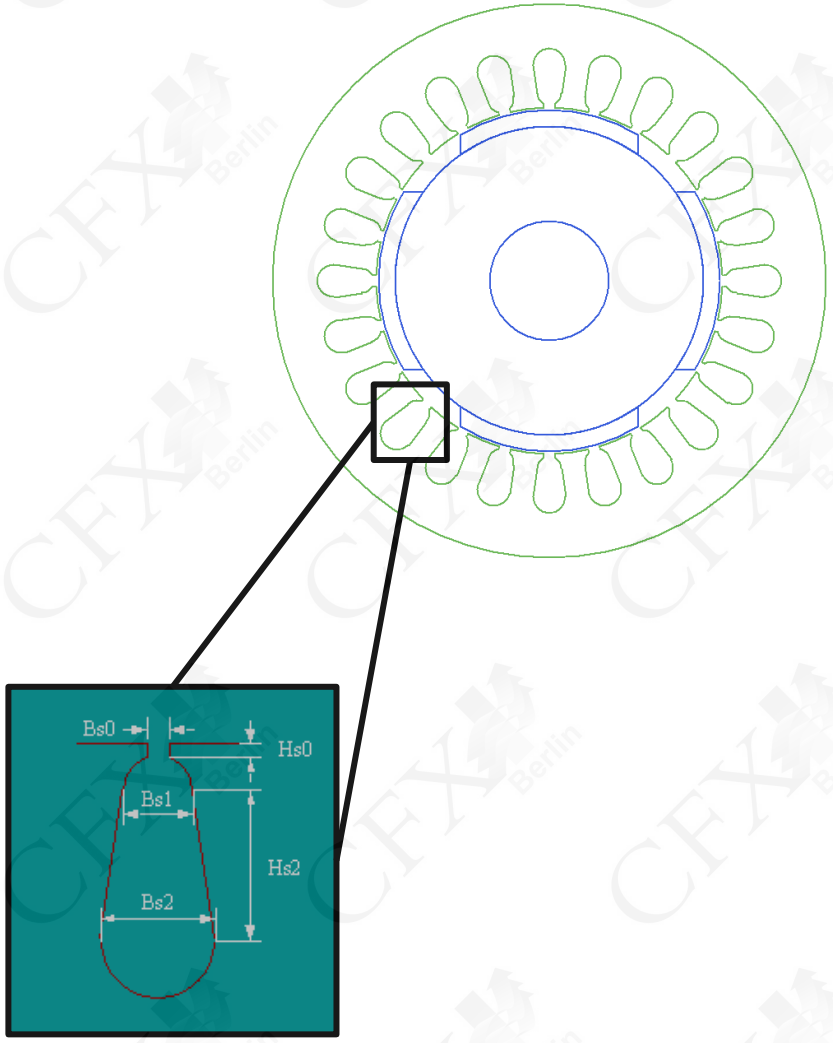
- Problembeschreibung:
  - Durch die Rastmomente werden Resonanzstellen des Motors stärker erregt, die eine Flussänderung im Motor hervorrufen. Das kann zu Schwingungen führen, die das Anlaufverhalten beeinflussen und die Eisenverluste erhöhen.

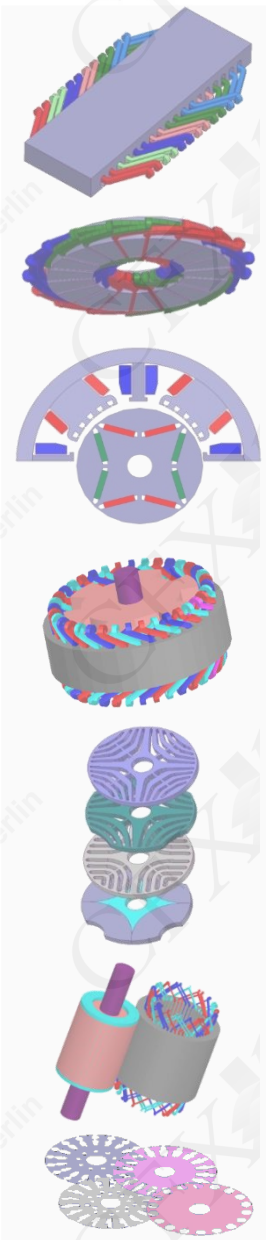
- Herausforderung bei der Simulation:
  - Sehr feine Vernetzung im Luftspalt
  - Kleine Zeitschritte um das Rastmoment realitätsnah zu berechnen

- Ziel dieser Simulation:
  - Optimierung (Minimierung) des Rastmoments durch die Variation der Magnetbelegung im Rotorumfang

Berechnungsmodelle
Geometrie

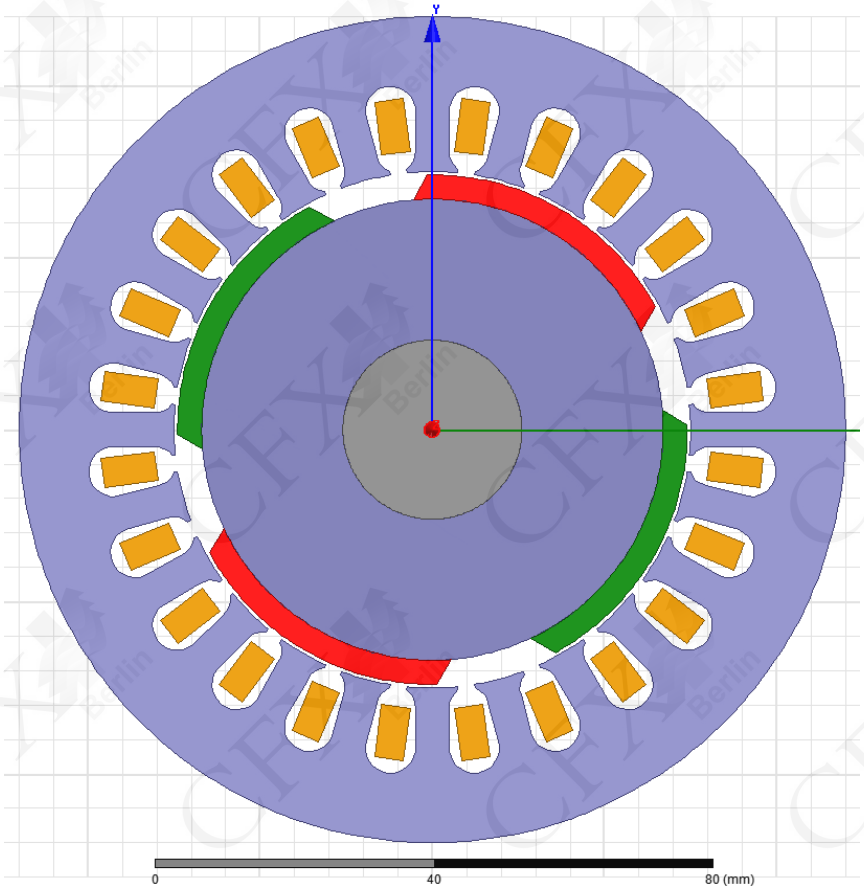
- Modellaufbau mit ANSYS RMxprt auf Basis der vorhandenen Vorlage „PMSM“
- Dimension & Maße
  - Stator:
    - Außendurchmesser: 120 mm
    - Innendurchmesser: 75 mm
    - Länge: 65 mm
  - Rotor
    - Außendurchmesser: 74 mm
    - Innendurchmesser: 26 mm
  - Anzahle der Pole: 4
  - Anzahl der Nuten: 24
  - Drehzahl: 1500 rpm





Berechnungsmodelle
Geometrie

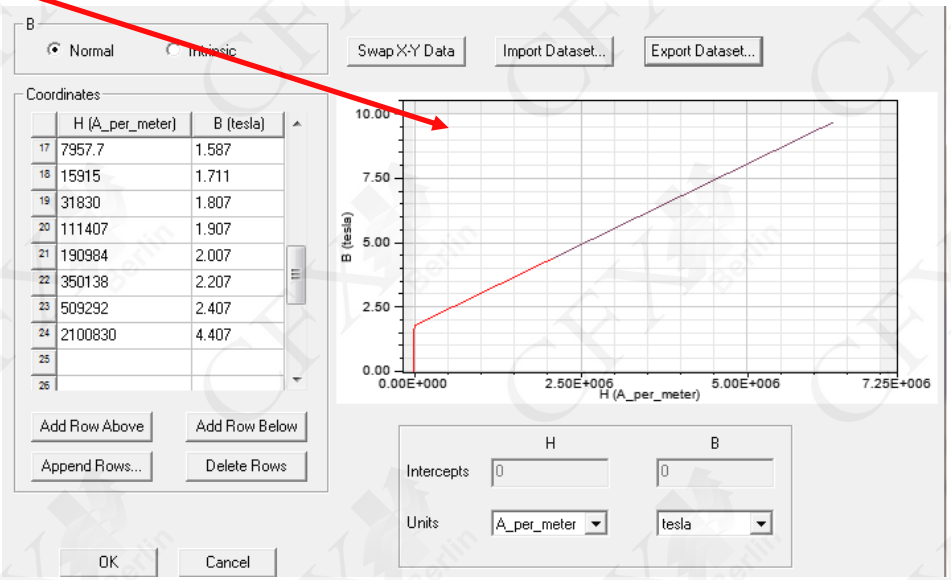
- Automatische Modellübertragung von RMxprt nach Maxwell 2D
- Materialzuordnung
  - Stator und Rotor: Stahl
  - Wicklung: Kupfer
  - Dauermagnete: XG196/96, 70% Belegung im Rotorumfang (Embrace)
  - Schaft: Vakuum



2D-Simulationsmodell in ANSYS Maxwell 2D

Berechnungsmodelle
Materialeigenschaften

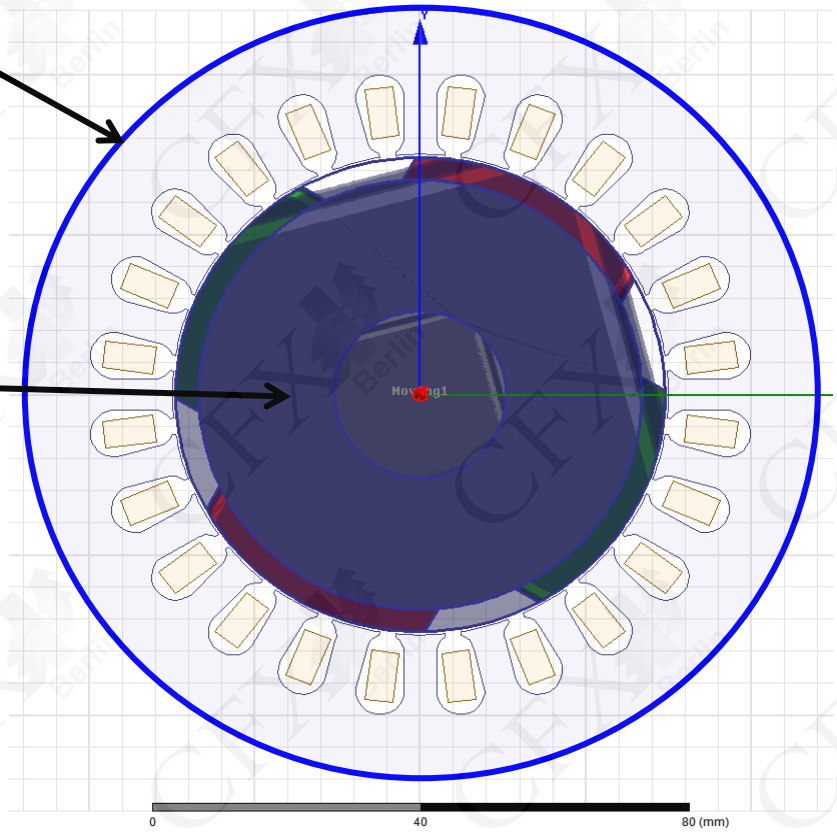
- Stahl
  - Nichtlineare Permeabilität
  - Magnetische Koerzitivfeldstärke: 0 A/m
- Magnet
  - Permeabilitätszahl: 1
  - Magnetische Koerzitivfeldstärke: -763939 A/m in radiale Richtung
  - ➢ Entspricht einer Remanenzflussdichte von 0.9599 T
- Kupfer
  - Permeabilitätszahl: 0.999991
  - Magnetische Koerzitivfeldstärke: 0 A/m



Berechnungsmodelle

Randbedingungen

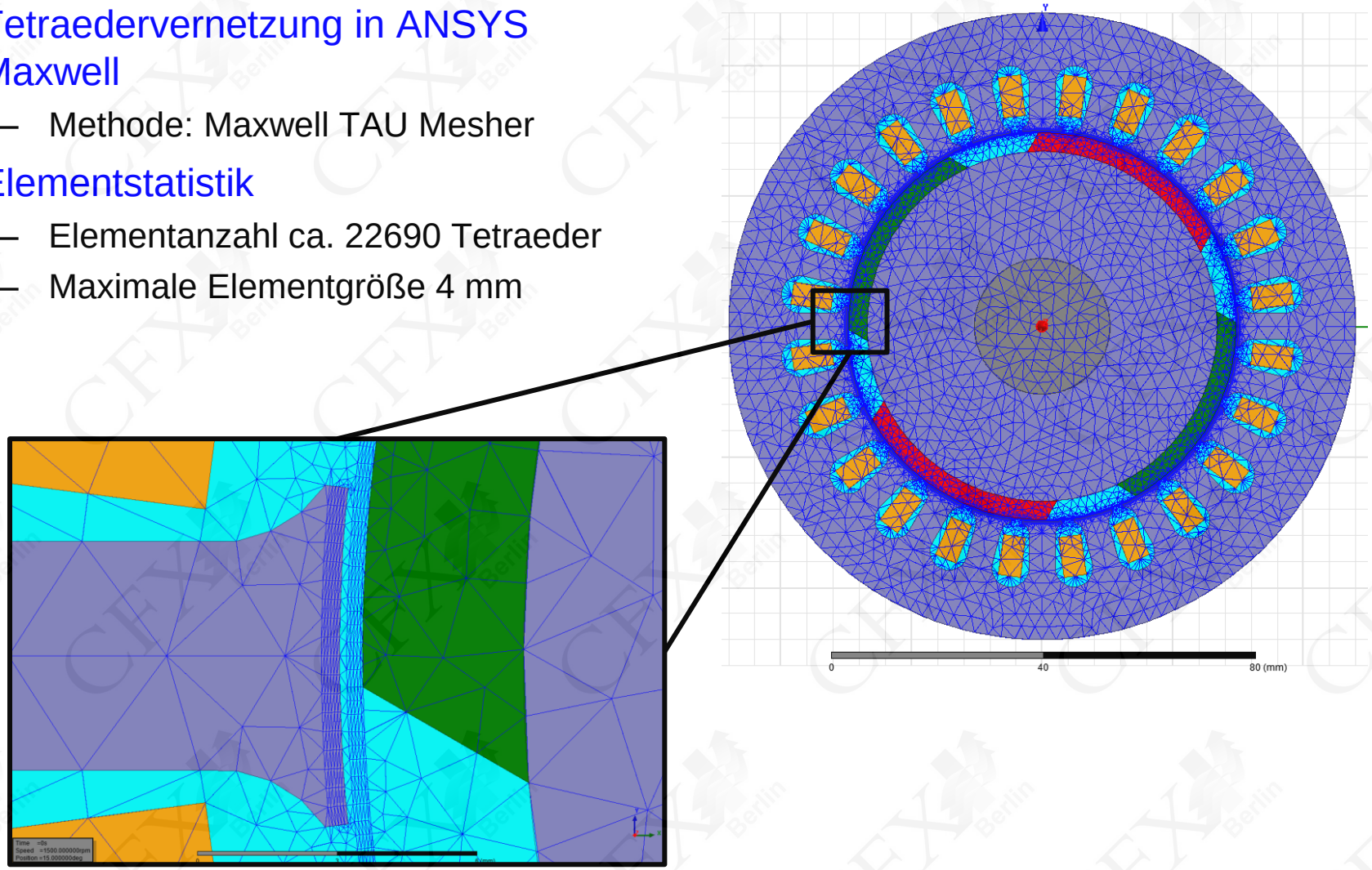
- Kein Magnetfluss über die Außenberandung
- Unbestromte Spulen: d.h. der Motor wird so berechnet, als wenn mit der Hand gedreht wird.
- Einstellung für die Bewegung des Rotors: Rotation mit konstanter Drehzahl von 1500 rpm



Berechnungsmodelle
Vernetzung

- Unstrukturierte, halbautomatische Tetraedervernetzung in ANSYS Maxwell
  - Methode: Maxwell TAU Mesher
- Elementstatistik
  - Elementanzahl ca. 22690 Tetraeder
  - Maximale Elementgröße 4 mm

Schnitt durch das verfeinerte Berechnungsnetz

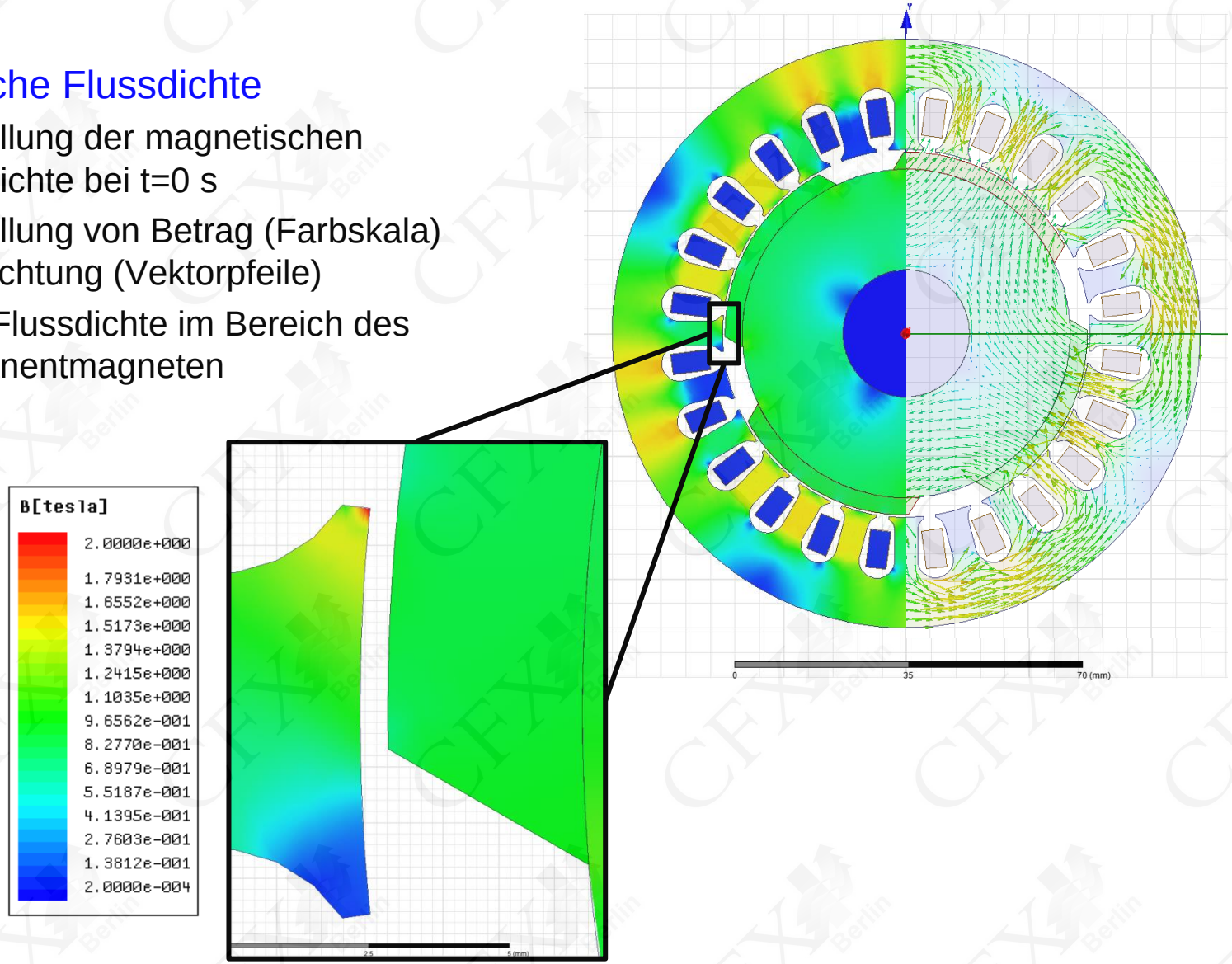


Berechnung
Lösungsverfahren

- Finite-Elemente-Methode
  - Numerische Berechnung der Komponenten des magnetischen Vektorpotentials
  - Quadratische Ansatzfunktionen
- Konvergenzkriterium
  - Nichtlineares Residuum < 10^{-4}
  - Energiefehler < 0.1 %
- Verwendete Programme
  - ANSYS RMxprt
  - ANSYS Maxwell 2D
  - ANSYS Optimetrics
- Verwendete Hardware (Workstation)
  - Prozessor: Intel Xeon E312070 Quadcore
  - Takt: 3,40 GHz
  - Arbeitsspeicher: 16 GByte
  - Betriebssystem: Windows 7 (64-bit)
- Berechnungsdauer
  - Eine Umdrehung: 51,36 min
  - Zeitschritt: 6 µs

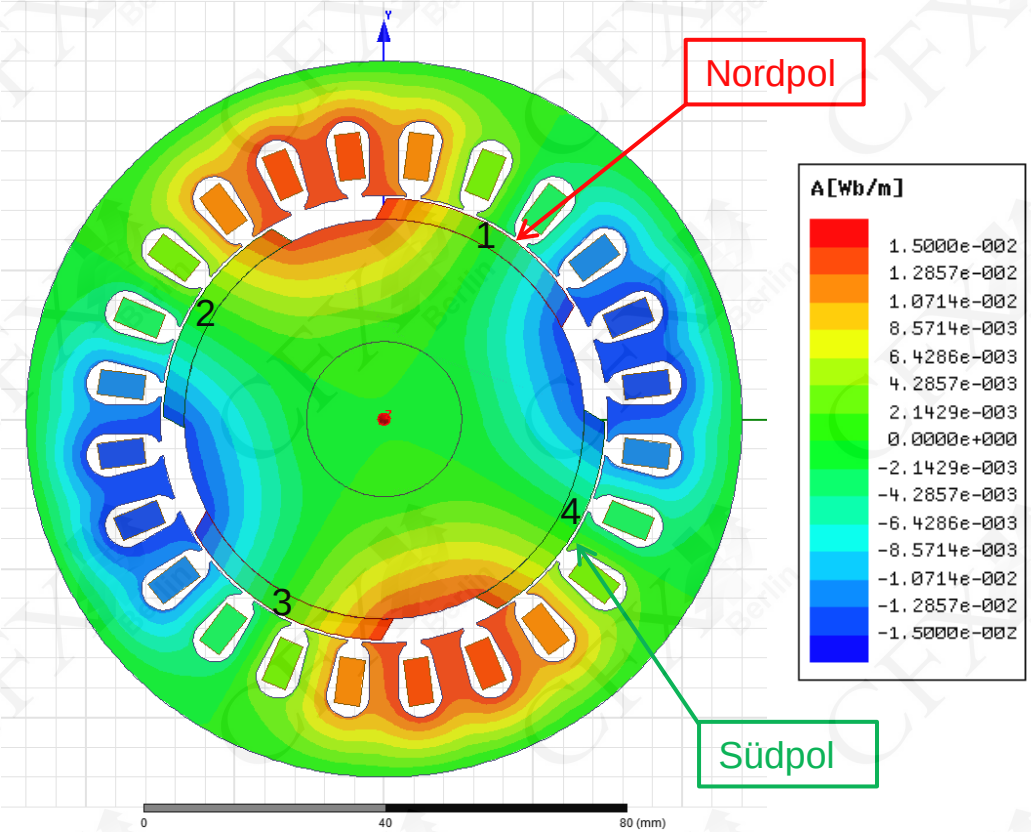
Ergebnis
Magnetfeld

- Magnetische Flussdichte
  - Darstellung der magnetischen Flussdichte bei t=0 s
  - Darstellung von Betrag (Farbskala) und Richtung (Vektorpfeile)
  - Hohe Flussdichte im Bereich des Permanentmagneten

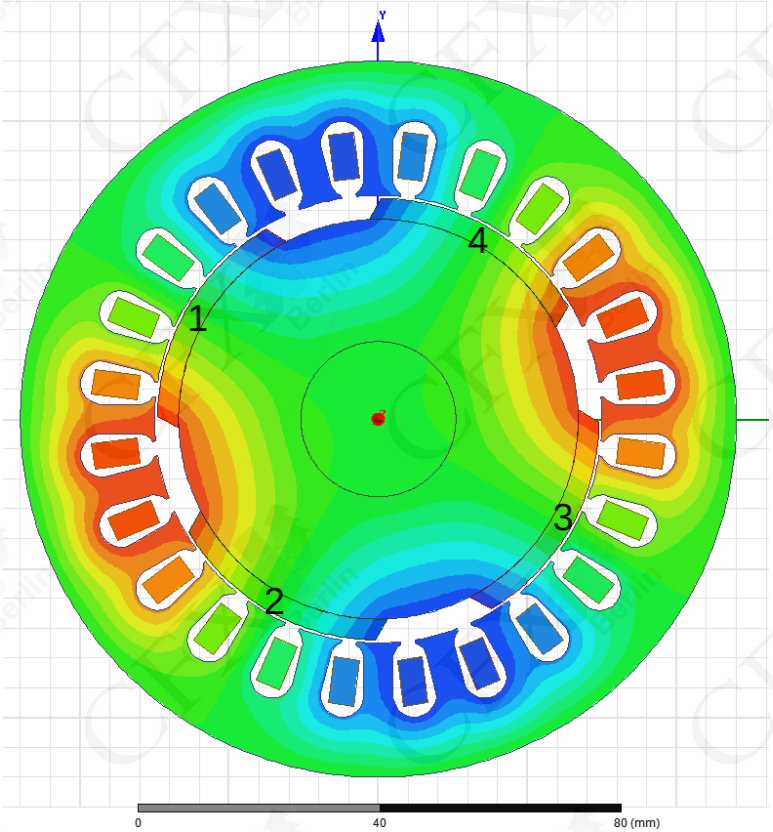


Ergebnis
Magnetfluss

- Magnetischer Fluss bei t=0 ms und t=10 ms



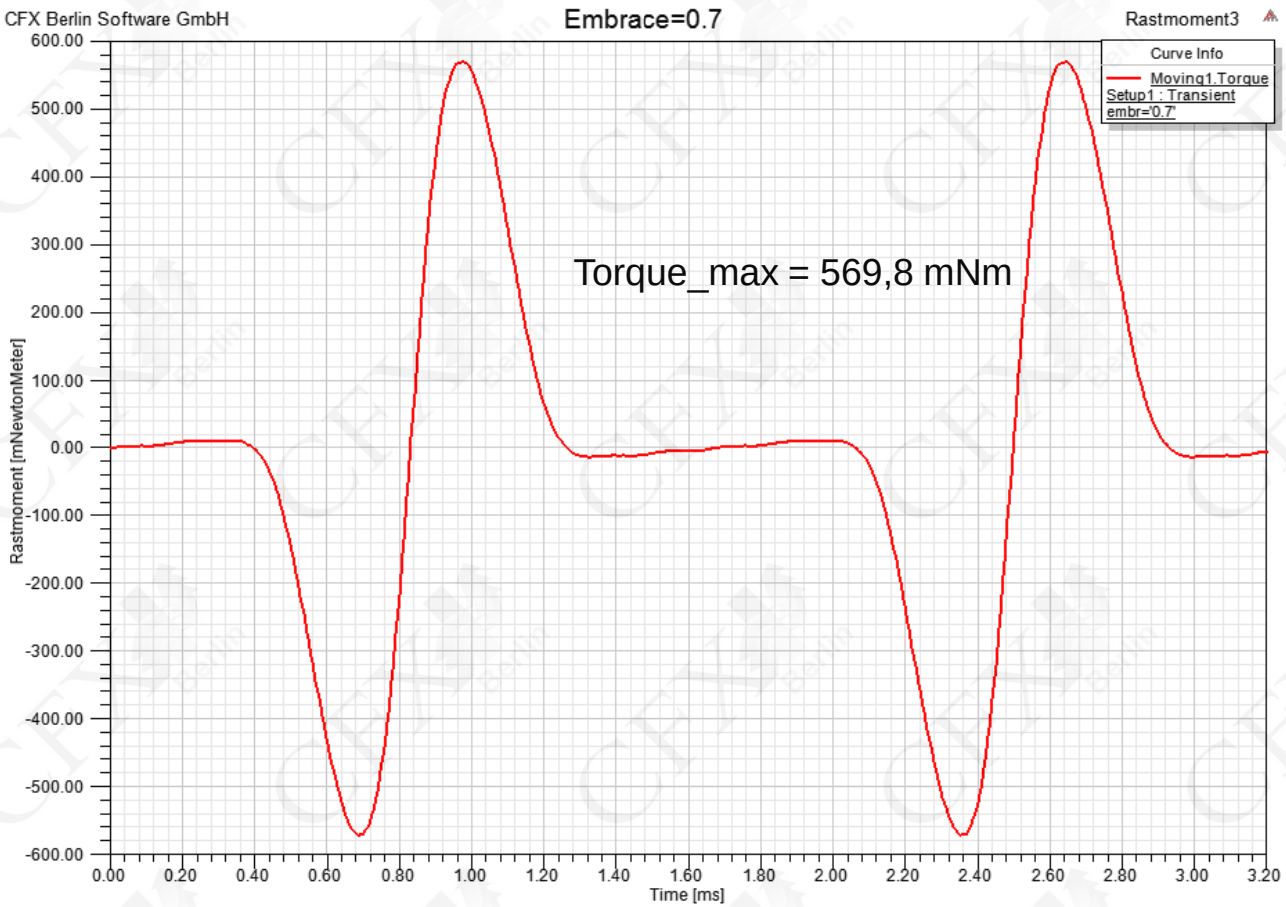
t=0 ms



t=10 ms

Ergebnis
Rastmoment

- Ausgangsgeometrie: 70% Magnetbelegung im Rotorumfang

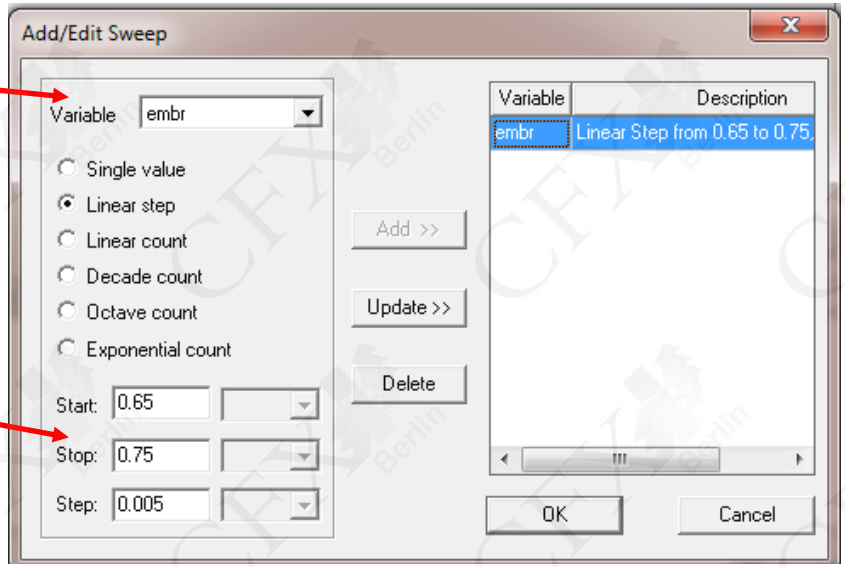


Rastmomentverlauf bei 70% Magnetbelegung im Rotorumfang

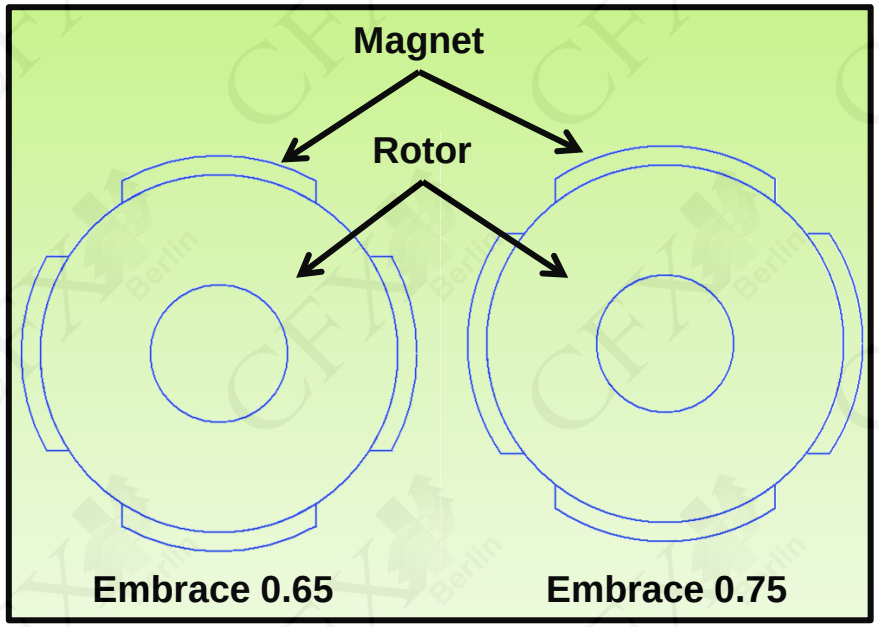
Optimierung

Variation der Magnetbelegungsdichte

- Schritt 1: Definition der Magnetbelegungsdichte (Embrace) als Variable
- Schritt 2: die Variable im Bereich von 65% - 75% Abdeckung schrittweise definieren

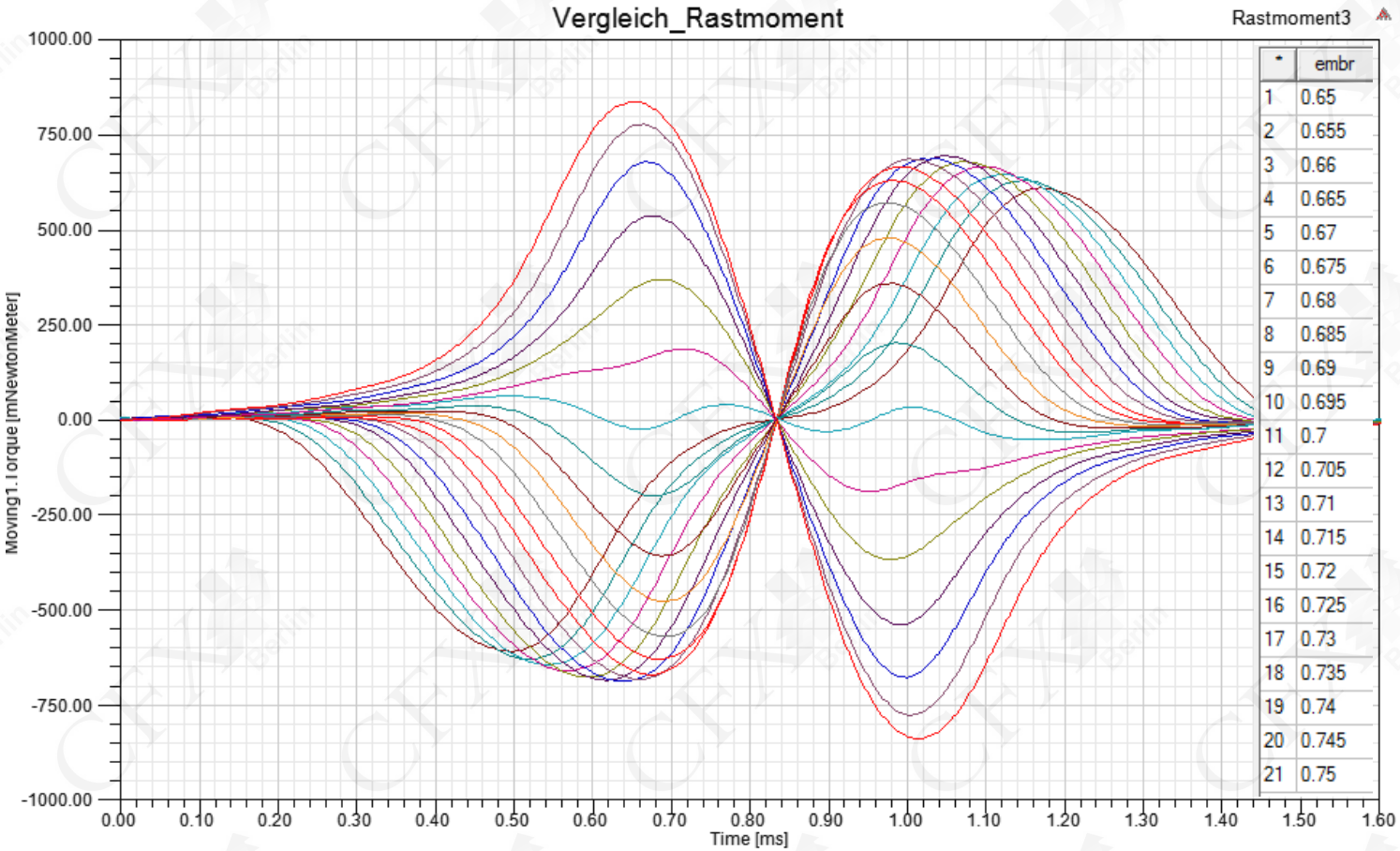


Variablen-Definition mit ANSYS Optimetrics



Optimierung
Variation der Magnetbelegungsdichte

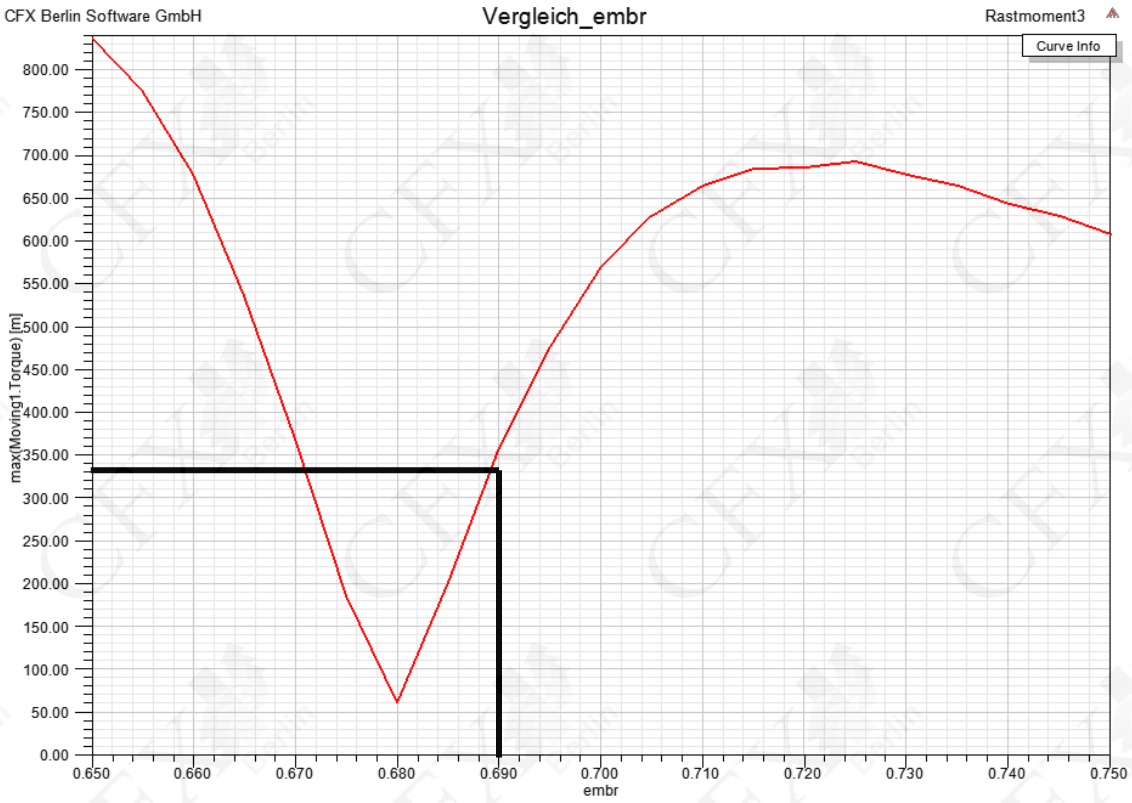
- Schritt 3: Berechnung des Rastmoments für die einzelne Schritte



Automatisierter Rastmoment-Vergleich für verschiedene Magnetbedeckungsdichten

Optimierung
Variation der Magnetbelegungsdichte

- Berechnung des Rastmoments für die einzelne Schritte
  - Minimales Rastmoment ist zwischen 67% und 69% Magnetbedeckungsdichte

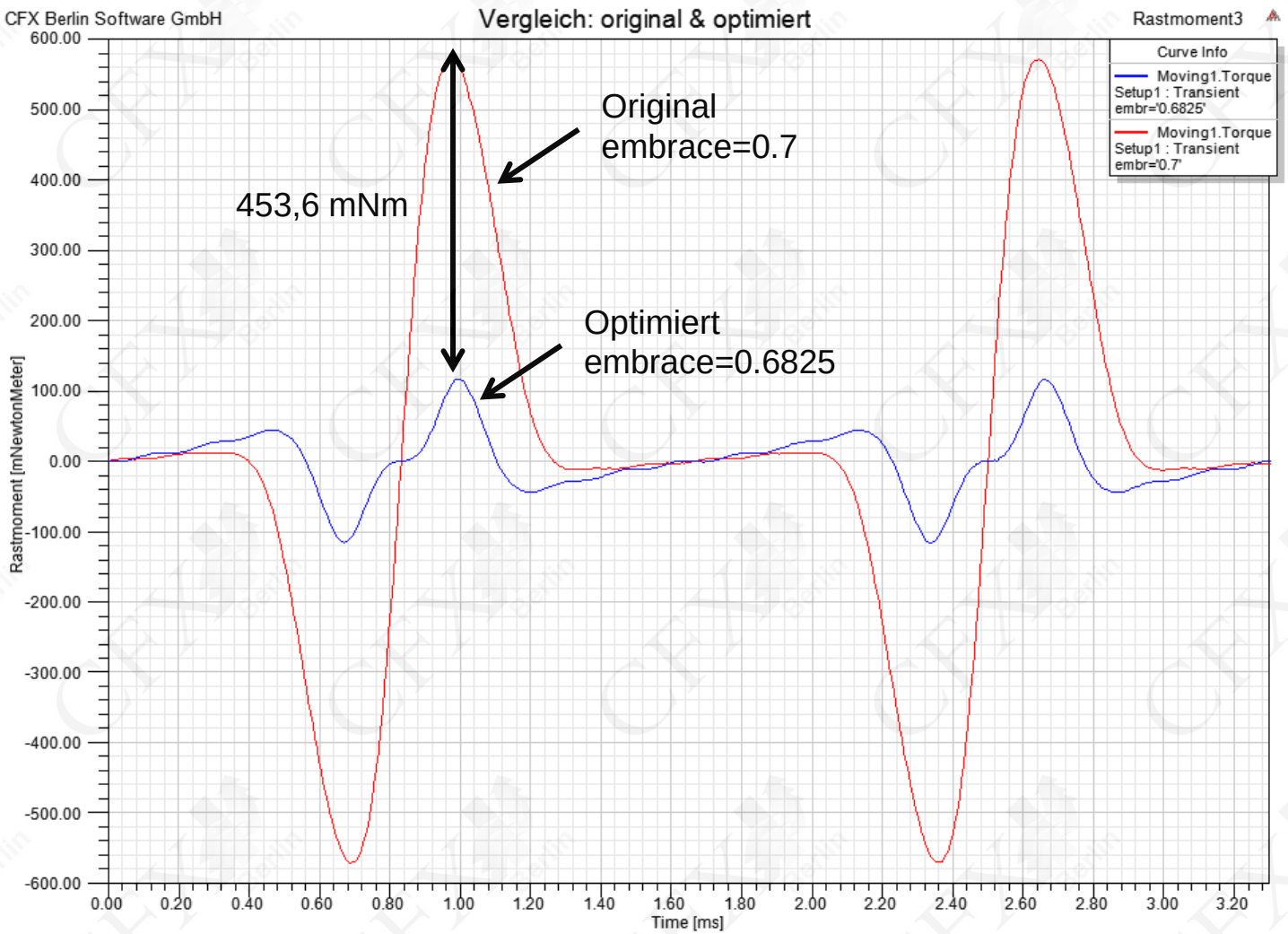


Maximales Rastmoment bei unterschiedlichen Magnetbelegungsdichten

Ergebnis

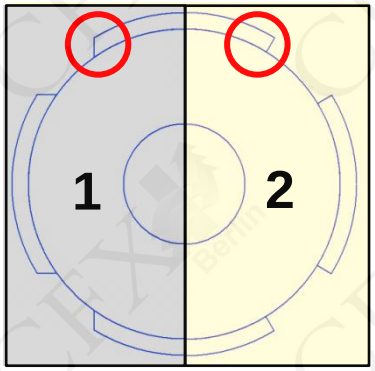
Vergleich mit ANSYS Optimetrics

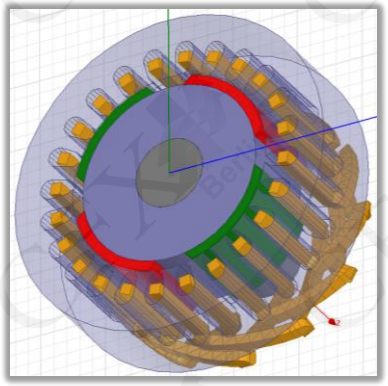
- Rastmomentvergleich: Ausgangsgeometrie und optimierte Geometrie



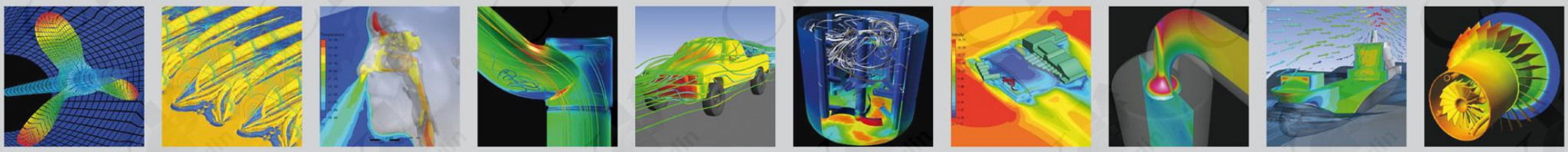
Modellerweiterung
Robustes Design

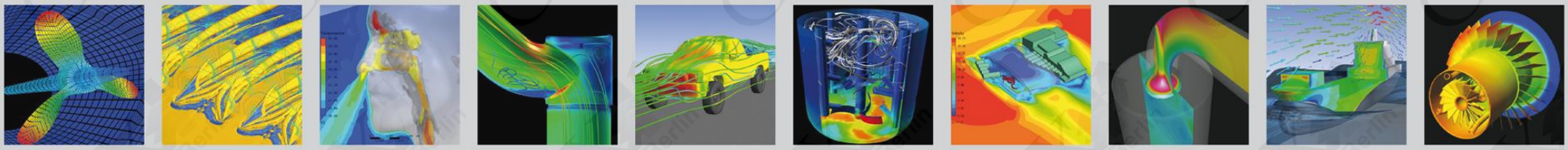
- Weitere Verifikation des Wirkungsgrads des Motors ist empfehlenswert. Folgende Punkte haben Einfluss auf das Rastmoment und sollten untersucht werden:
  - Magnetqualität:
    Die Koerzitivfeldstärke des Dauermagneten kann herstellungs- und temperaturbedingt in Richtung und Betrag schwanken.
  - Magnet- und Nutgeometrie:
    Das Zusammenspiel zwischen der Magnet- und Nutform hat einen großen Einfluss auf das Rastmoment, hier insbesondere das Verhältnis von Innen- und Außenradius (Magnetform).
  - Analoge Berechnung mit ANSYS Maxwell 3D
- Vorgehensweise:
  - Punktuelle Simulation ausgewählter Parameter in ANSYS-Maxwell 2D
  - Weitere automatisierte Parametervariationen, Sensitivitätsuntersuchungen und „Robust Design-Optimierung“ mit ANSYS Optimetrics in ANSYS Maxwell 2D





CFX Berlin Software GmbH



ist kompetenter Partner für:

- ANSYS Simulationssoftware
- Berechnung & Optimierung
- Beratung & Schulung
- Forschung & Entwicklung